

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-095574

(43)Date of publication of application : 06.04.1990

(51)Int.Cl.

B24B 53/00

B23H 5/00

B23H 5/08

(21)Application number : 63-246965

(71)Applicant : RIKAGAKU KENKYUSHO

(22)Date of filing : 30.09.1988

(72)Inventor : OMORI HITOSHI
NAKAGAWA TAKEO

(54) GRINDING METHOD FOR ELECTROLYTIC DRESSING AND METHOD AND DEVICE FOR COMPOUND WORKING OF POLISHING METHOD SERVING CONDUCTIVE GRINDSTONE FOR TOOL AS WELL

(57)Abstract:

PURPOSE: To facilitate a stabilized mirrorface grinding by serving the conductive grindstone used for electrolytic dressing grinding for the tool for polishing as well after the electrolytic dressing grinding and performing finishing efficiently.

CONSTITUTION: A highly efficient mirror face finish grinding is performed by the conductive grindstone fixed with a fine abrasive grain. Then finally only the small cutting streak which can not be ground even by this fine fixed abrasive grain is removed at high speed and completely by the electrolytic polishing method and free abrasive grain utilized auxilarily.



図1 電解研磨装置の概略図



図2 電解研磨装置の概略図

図3 電解研磨装置の概略図

BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-95574

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)4月6日

B 24 B 53/00
B 23 H 5/00
5/08

D 7632-3C
C 8813-3C
8813-3C

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全11頁)

⑮ 発明の名称 電解ドレッシング研削法と導電性砥石を工具に兼用した研磨法の複
合加工方法および装置

⑯ 特 願 昭63-246965

⑰ 出 願 昭63(1988)9月30日

特許法第30条第1項適用 昭和63年9月5日、社団法人精密工学会発行の「昭和63年度精密工学会秋
季大会学術講演会講演論文集」に発表

⑱ 発 明 者 大 森 整 東京都板橋区前野町6-41-16 西尾方

⑲ 発 明 者 中 川 威 雄 埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所内

⑳ 出 願 人 理 化 学 研 究 所 埼玉県和光市広沢2番1号

㉑ 代 理 人 弁理士 中 村 稔 外7名

明 細 書

1. 発明の名称 電解ドレッシング研削法と導電性砥石を工具に兼用した研磨法の複合加工方法および装置

2. 特許請求の範囲

- (1) 電解ドレッシング研削後に、前記電解ドレッシング研削に使用した導電性砥石を研磨用の工具として兼用し能率的に仕上加工を行うことを特徴とする電解ドレッシング研削法と導電性砥石を工具に兼用した研磨法の複合加工方法。
- (2) 前記複合加工方法の初期には、前記導電性砥石の電解ドレッシングのために前記砥石側に(+)極の電圧を印加しながら研削を行い、前記複合加工方法の後期には前記砥石を電解研磨用工具として兼用するため(-)極とし被削材側に(+)極の電圧の印加を行うことを特徴とする請求項(1)記載の複合加工方法。
- (3) 前記複合加工方法の後期に行う前記導電性砥石を兼用した研磨法において、補助的に遊離砥粒を用いた研磨加工を行うことを特徴とする請求項(1)記載の複合加工方法。

求項(1)記載の複合加工方法。

- (4) 前記導電性砥石が、前記複合加工方法初期において研削に寄与する砥粒部分と、前記複合加工方法後期において電解研磨に寄与する導電性部分からなることを特徴とする請求項(1)記載の複合加工方法。
- (5) 前記導電性砥石が、前記複合加工方法後期において補助的に行う遊離砥粒を用いた研磨に寄与する非砥石部分を含むことを特徴とする請求項(1)記載の複合加工方法。
- (6) 前記複合加工方法における加工液が、通電のために効果的な導電性研削液と研磨に効果的な微細な遊離砥粒を含むことを特徴とする請求項(1)記載の複合加工方法。
- (7) 導電性砥石、
この導電性砥石の電解ドレッシング装置、
および、
加工液が供給された状態で前記導電性砥石と被加工物間に電圧を印加する電源装置、
を備えて構成される電解ドレッシング研削法

と導電性砥石を工具に兼用した研磨法の複合加工装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、機械加工分野における研削加工ならびに研磨加工で用いられる加工方式および装置に関するものであり、特に高能率加工に適用されている導電性砥石である銻鉄ファイバボンド砥石の特徴を活かしながら、そのまま研磨用の工具として兼用する複合加工方法および装置に関する。

(従来の技術)

被削材の仕上加工、特に鏡面仕上法として従来から一般的なのは、ラッピングあるいはポリッシングと呼ばれる研磨方法で、遊離砥粒と被削材を互いに擦り合わせて次第に凹凸をなくしていくといった極めて簡単なが時間のかかる方式であった。この仕上方式では、被削材1個当たりに要する加工時間が長いために、大型の研磨装置を製作し同時に多数の被削材を加工することで見かけ上加工能率を上げ、単一の形状を有する製品を大量に生産するといった場合には適当な方式であったと言えることができる。

しかしながら、近代文明の象徴とも言える産業革命に端を発した少品種大量生産時代が終わりを告げ、現代産業において従来は想像もされなかった多品種少量生産化や高加工精度化が要求される時代になると、これまでは問題となり得なかった様々な研磨加工の欠点が高生産能率化を妨げる結果となった。中でも全自動化が困難な点と仕上能率が低いといった欠点は、遊離砥粒を利用する研磨方式の原理的な弊害であって、これらの問題解決を図るためには加工原理そのものを変える以外に方法がないと言われてきている。

この遊離砥粒を用いた研磨法を改め、固定された微細砥粒、すなわち微細砥粒を有する砥石を利用した研削方式に改変することを想定すると、研磨で問題となった低加工能率は当然ながら容易に解決できると考えられるが、高精度な研削加工を長期に渡り維持していくために何ら対策が施されていないことが考えられる。事実、微細砥粒を保持した砥石は作り難い上、慣用研削方式によって鏡面を維持することはまず不可能であることが多

くの研究によって明らかとなっている。

従って、従来の加工技術、特に仕上加工技術においては、始めから最後まで遊離砥粒による研磨(ラッピング、ポリッシング)方式を取るか、あるいは始めに比較的粗い砥粒を有する砥石によって研削しある程度の平滑度を得た後、別の加工機に被加工物を移送して遊離砥粒による研磨加工に移るといった複雑な加工工程を取らざるを得なかったのが従来技術と言えることができる。

(発明が解決しようとする課題)

本発明では、ラッピングなど遊離砥粒による従来の研磨技術によってはとうてい実現できないとされている(1) 高仕上能率化、(2) 高加工精度化、(3) 仕上加工の全自動化、(4) 仕上加工装置のコンパクト化、(5) 仕上工程の高フレキシビリティ化など、将来の産業発展を見るためには必要不可欠である問題解決を容易且つ確実に実現することを見込んでいる。特に、高加工能率を得る研削加工と高加工精度を得る研磨加工を連続して、それぞれを極めて効果的に実現する本発明によれば、

ほぼ加工工程を1つに集約することが可能となり特に(1)、(2)、(3)の問題解決に対する効果は大きいと考えられる。

(課題を解決するための手段)

本発明は、ラッピングなど遊離砥粒による従来の研削方式を改め、微細砥粒(粒径:数 μm)を固定した導電性砥石によって高能率な鏡面仕上研削を行うことで大幅な仕上加工時間の短縮化を図った後、最終的に微細固定砥粒でも取り切れなかった微小研削条痕のみを電解研削法および補助的に利用する遊離砥粒によって高速に且つ完全に除去する手段を取る。

本発明では、従来では各工程ごとに加工工具および加工機を何段階も変えていく方式を改め、鏡面研削から鏡面研磨へ工程が変わっても、初期の鏡面研削に用いた導電性砥石そのものを研磨用の工具として利用することで、同一加工機上ではほぼ最終仕上製品として通用する品質を得ることが可能である。本発明において導電性砥石を用いるのは、電解ドレッシング作用を研削中に発生させる

ことによって、微細砥粒砥石による安定した鏡面研削を実現する上で問題となる砥粒見立てと研削屑の排除を容易且つ確実に実現するためである。しかも、電解ドレッシングを利用した鏡面研削後に、同導電性砥石はそのまま電解研磨用工具として電気条件の制御のみで利用可能になることと、同砥石に若干の改良を施すことによって従来の最終ポリッシング用工具としても利用可能であることが本発明の大きな新規性である。

(作用)

以下に、本発明の複合加工方法における電解ドレッシング作用を利用した鏡面研削過程および研削に使用した導電性砥石による研磨加工作用について詳述する。

まず、本発明による複合加工方法の初期における電解ドレッシングを用いた鏡面研削機構について触れる。メタルボンド砥石に限らず導電性を有する砥石であれば、既に電解作用により砥粒の目立て効果および研削屑の排除効果(通常は両者をまとめた意味で電解ドレッシングと呼んでいる)

が生じることが明らかとなっている。電解ドレッシングを利用した研削方式は、特に鉄鉄ファイバボンド砥石のような砥粒保持力が極めて高いメタルボンド剛性砥石に関して最もその効果が高いと言われている。微細砥粒を有した鉄鉄ファイバボンド砥石(ダイヤモンドあるいはCBN砥粒)は慣用研削法で用いられると、は全くと言って良いほど研削性能が悪劣で、剛性ボンドであるが故にボンドから砥粒を突出させることが困難で、安定した鏡面研削が実現できないためである。しかしながら、本発明初期の電解ドレッシング研削法によれば、砥石の使い始め段階(ツルージング直後:第1図A)において鉄鉄ファイバボンドに覆われている砥粒が、電解ドレッシング時間とともに次第に突出してくる。この様子が第1図A→第1図B→第1図Cである。

本発明による複合加工方法の初期では、この鉄鉄ファイバボンド砥石の砥粒突出とその維持を主眼として砥石自体を(+)極とし、砥石面と対向する金属板電極を(-)極として、両者の間隙に

導電性研削液を供給する事によって鏡面研削を実現する。本発明の初期工程である研削工程において、微細砥粒鉄鉄ファイバボンド砥石を利用した場合、仕上面粗さは既に鏡面と言えるオーダー($R_{\text{a}} \approx 20 \sim 40 \text{ nm}$)まで向上可能であり、通常の研削加工では実現不可能な仕上面精度と言える。従って、本発明の初期の研削加工段階において既に従来の研磨面に匹敵する面性状を得られているために、本複合加工方法の後期の研磨工程においては極めて短時間ながら更に面精度を向上できることになる。

次に、本発明の複合加工方法の後期における研磨効果について述べる。本発明の最大の新規性と言える部分は、この後期で行われる研磨工程と初期の鏡面研削工程の連続性にあると言える。即ち後期の研磨工程で使用する研磨工具を初期の導電性砥石として実現できることによる。さて、初期の鏡面研削によって得られた被加工物の研削面は鏡面研削と言えども微視的には第2図Aのような断面形状を残していることになる。この研削面に

対して、今度は導電性砥石、例えば上記と同様の鉄鉄ファイバボンド砥石を電解研磨工具として（－）極に、また被加工物側を（＋）極として電圧を印加しながら砥石を移動させると当初第2図Aのような断面を有していた研削面は、導電性を有する鉄鉄ファイバボンドと被加工物間のギャップ間（つまり微細砥粒の突出量）で電解研磨効果が生じ研削条痕の低減が生じる（第2図B）。当然ながら、この工程では初期の研削時の加工経路をもう一度通過させることになる。この段階における電解研磨効果を確実に得るためには、本発明の複合加工方法初期における電解ドレッシング研削後の砥粒突出量が適切に制御されていなければならず、電解ドレッシング効果が極めてミクロな空間における電解研磨効果を確実に発生させる効果を生み出していると言っても過言ではない。更に、本発明では補助的に遊離砥粒も利用することになるが、これは電解研磨が進むにつれて仕上面に生じてくる微細な不導体被膜を極めて微細に除去することで電解研磨効果を維持していく役割を果た

す。この様子を第2図Cに示す。通常は、電解研磨仕上1回により鏡面研削面粗さをほぼ半分に低減することが見込まれているために、極めて短時間で鏡面研削によっても得られない鏡面加工物を得ることができるが、更に R_{max} 数 μm 以下の超鏡面を得る場合には、例えば鉄鉄ファイバボンド砥石の一部に非砥石部（第3図A）を設けることで、更に被加工物に工具を定圧的に押し付けて行き（第3図B）、鏡面研磨効果を高めることが可能である。

（発明の効果）

本発明によって、従来から実用化が困難とされていた安定した鏡面研削を容易に実現できるだけでなく、シリコン、フェライト、セラミックス、超硬合金、鉄鋼材料やその他の導電性被加工物で鏡面研削による微細な研削条痕をも問題とされる材料の最終製品まで、一貫して高能率にしかも容易に仕上げることが可能となった。本発明による複合加工方法では、同一工作機械上でかなり精密な鏡面仕上まで実現可能であるため、従来から問

題とされていた仕上作業の自動化にも大きな役割を果たすことになる。中でも、古来職人芸とされてきた金型研削作業などは、いかに人間の介在する作業をなくし自動化を行なえるかが、今後の金型生産コストを下げ、加工精度を向上させる上で最重要ポイントとなるが、本発明により用途を問わない金型産業は言うまでもなく、電子産業など様々な基幹産業に与える効果は多大であると言える。

また、本発明を実用化することを想定すると、複雑な装置あるいは極めて特殊な装置が必要ない点はその普及において大きな優位性を与えると言える。つまり、本発明における複合加工装置の構成の通り、導電性砥石、電解ドレッシング装置、電解研磨装置、加工液供給装置、被加工物などを構成するにはさほど困難さがない上、これらが全てアタッチメント方式で従来の加工機械に装着可能であるために、現状の生産工程に組み込まれている機械がほぼそのまま利用できることになる。当然のことながら、導電性砥石形状、被加工物形

状、加工機タイプには特に制限が存在しない。これは、本発明の新規性と共に大きな汎用性を物語る事実であり、近い将来本発明の採用によって古来類希な生産方式の革新が期待できよう。

（実施例）

以下、本発明を実施例に基づいて詳細に説明する。

表 1
本発明の実施例の加工実験システム構成

① 鏡面研削機	給油ロータリー平面研削盤: RGS-60 (鏡面二連盤) 機型インフィード研削盤 [超微エンリニアラング研削]
② 研削砥石	微細砥粒研削鉄ファイバボンドダイヤモンド砥石 (φ200 幅5.φ100 幅10: 34000 [4.08μ]) [新東工業研削]
③ 電解研磨装置	ワイヤカッター用電機: HEN-15W [国教育フサイス製作所製]
④ 研削液	シリコンウェハ: φ4" (12.03 cm) [超微研削液]
⑤ その他	研削液: ノリタケケトル APS-K. 50 倍 [鏡ノリタケ製] ワルツ: MASタイタ (80) [鏡ノリタケ製、鏡マルチー] 測定機: 表面粗さ測定機 サーフタースト501 記録計: (レコーダ) [録メイトロ製]

表 2

本発明の実施例で行った加工工程の分類
(①+②: 第一工程, ③: 第二工程と呼ぶ)

〔試みる仕上がり〕	〔期待される効果〕	旧加工名称
① 鏡面研削加工	高能率な面仕上	ラッピング 〔エッチング〕
② 電解スパークアウト加工	研削条度の低減	ポリッシング
③ 電解バフ研磨加工	最終鏡面へ到達	

つまり本実施例で行った加工実験は、表2のような①+②(第一工程)、③(第二工程)といった各工程を、便宜的に別の加工機システムにおいて行っているわけである。このように、本実施例では試験の都合上便宜的に加工機を分けているものの、本発明による複合加工方法のコンセプトでは、導電性砥石の一部を改変することにより本実施例の加工機を1台に集約した形で実現できることを示している。

まず上述の第一工程では、微細砥粒研削ファイ

表1は、本発明を実施するために用いた鏡面研削-電解仕上複合加工システムの仕様である。本実施例は、本発明による複合加工方法の基本効果を確認するために行われたものであり、被加工物としては代表的な電子材料であるシリコンウェハを対象とした。表1の複合加工実験システムでは本発明の複合加工作用を明らかにするために2種の加工機を利用している。すなわち、鏡面研削とその次に行う電解研磨を含んだスパークアウト(切り込み無しの砥石移動)の複合効果を確認するために第一の実験においては静圧(油)仕様スピンドルを備えた精密ロータリー平面研削盤を利用する。また、第二の実験では本発明において工具の一部に非砥石部を設け定圧に近い電解研磨を実現するために機能的に構成したシステムを用い、電解と補助的に使用する遊離砥粒の複合効果を確認する。このシステムでは、一般に使用されている安価な機型インフィード研削盤を加工機として使用する。

バボンドダイヤモンド砥石(#4000: 平均砥粒径約4μm)を研削および電解研磨工具として使用する。前記研削盤による加工システムは、砥石側に(+)極の電圧印加を行い、シリコンウェハの鏡面研削を実現する。もちろん砥石側(+)の電圧印加は電解インプロセスドレッシングの目的である。この際用いた電源装置は、本鏡面研削用に仕様設計を行った電解ドレッシング電源装置である。本電源では、鏡面研削初期の砥粒突出過程においては比較的強めの電解電流を供給し砥粒突出後は研削屑排除などに寄与するに充分な微弱電流を供給するといったプロセスを自動的に実行する機構をも内蔵している。本システムでは、微細砥粒砥石による鏡面研削後、電解電源装置の電圧極性を反転し、被削材側に(+)を砥石側に(-)極の電圧を印加する。この際の砥石は実質的には、電解用の工具(電極)として寄与することになる。これら、鏡面研削から電解研磨工程へ移行する際には、印加極性を変えるだけではなく電解条件設定および被加工物自体に(+)極の給

電を行う保持具が必要となるが、本実施例ではシリコンウェハのような薄い被加工物に直接給電を行う導電性真空チャックを利用した。本研削盤で使用する加工液は、市販されている水溶性研削液を水道水で50倍に希釈したものを利用し後工程の電解研磨においても同加工液をそのまま利用したが、必要な導電性は電解ドレッシングおよび電解研磨とも微弱電流を流すのに充分なオーダーであるため、両者の充分な複合効果が得られている。また、本研削盤の特徴としては良好な回転精度と主軸剛性が挙げられ、また砥石中心軸から供給される加工液により研削屑の排除効果も大いに期待出来る。

第4図Aは、本発明の上記第一工程の鏡面研削を実施するための装置の構成図である。同図は、主として精密ロータリー平面研削盤の主要部分41と電解ドレッシング用電源装置42から構成されている。同図において、被削材のシリコンウェハ43はロータリーテーブル44上の保持具45上に固定され加工のための研削液46を砥石中心部

から遠心力によって供給しながら鏡面研削される。また、平面研削盤内の電解ドレッシング装置は、砥石47外周に密着させた給電ブラシを(+)電極48、砥石面とある間隙を持たせて平行に設置した(-)電極板49から成り、砥石と(-)電極間に加工時に使用するものと同一の研削液を供給することでインプロセスドレッシングを実現する。実施例では、鏡面研削前に使用銻鉄ファイバボンド砥石47の平滑化(フルーイング)を、WAステック砥石(#80)の研削により行ない、その後10分間の電解ドレッシングによる目立てを行った。本構成でシリコンウェハの鏡面研削を行なった後、今度はシリコンウェハに電流を供給しながら電解作用による研磨工程に入る。この段階では、砥石47に(-)極の印加を、シリコンウェハには導電性保持具45を通して(+)極の電圧印加を行ない、砥石をシリコンウェハ上を通過させながら電解研磨を行なう。この電解研磨時のシステム構成図を第4B図に示す。もちろん、第4A図と第4B図の研削装置は同一のものであり、

電流供給方式の切り替えはオペレータの手動で行なったが、これは自動的な切り替え装置の適用が容易である。本加工工程によって、鏡面研削および鏡面電解仕上げ加工を実施したところ、初期の電解インプロセスドレッシング研削加工(電解ドレッシングをインプロセスで行ない微細砥粒銻鉄ファイバボンドダイヤモンド砥石を利用した研削加工)によって $R_{\text{max}}44\text{nm}$ 、 $R_{\text{a}}5\text{nm}$ の良好な鏡面ウェハが得られ、更に電解研磨効果によって $R_{\text{max}}26\text{nm}$ 、 $R_{\text{a}}4\text{nm}$ の極めて良好な鏡面ウェハを得ることができた。これら面性状の変化の様子を第5図A(鏡面研削後)およびB(電解仕上げ後)に示す。顕微鏡観察による面性状および面粗さ測定結果から判断しても、研削条度の充分な低減効果が得られていることが分かる。この鏡面研削条件は、砥石周速 1000m/min (回転数 1590rpm)、ロータリーテーブルの送り速度 100mm/min 、切り込み深さ $2\mu\text{m/Pass}$ であり、続いて切り込み深さ0で同様の送り速度で電解研磨仕上げを実施した。従ってスライシング直後のシリコンウェハを

保持具に装着し一度粗粒砥石で面を平滑化し $R_{\text{max}}0.40\mu\text{m}$ 程度にしておけば、たった2Passの工程で $R_{\text{max}}26\text{nm}$ 、 $R_{\text{a}}4\text{nm}$ もの鏡面が実現できたことになる。この実加工は、シリコンウェハを連続して旋しておけば2分強で実現できることになる。なお、この工程における電解条件は、 $E.60\text{V}$ (無負荷電圧)、 $1\text{p}10\text{A}$ (ピーク電流)、 $\tau 2\mu\text{sec}$ (オンタイム/オフタイム)程度の低い条件である上、実加工電流値は最終的には1A未満にまで低減するので、加工機械本体やオペレータに与える影響は皆無であると考えて良い。加工液自体も何ら特殊な電解液を含まず、加工機の腐食の問題および作業員への影響も考えられない。従来は、30~40分間のラップによって本実施例で得た鏡面性状は実現されていない。実に10倍以上の高能率化となる。

一方、本発明の実施例の第二工程においては、既述のように電解研磨作用と補助的に遊離砥粒を利用した研磨加工の複合効果を確証するために第6図に示すような構成のシステムを利用する。本

実施例で利用した装置の構成は、大まかに機型インフィード研削機の主要部分61と電解用電源装置62から構成されている。本研削盤では、シリコンウェハ63と工具64は共に横軸の周りに回転しながら接近して行き、接触した状態で定圧的な切り込み方式を取る。ここで、既述のロータリー平面研削盤において実施した複合加工方法と同様の方式を取り得るのであるが、既に鏡面研削および電解研磨の連続加工の複合効果に関しては実施済みであるために、本実施例の第二段階では主として工具64に電解研磨に寄与する導電性部分と補助的な遊離砥粒による研磨に寄与する非導電性部分を持たせ、定圧で工具64とシリコンウェハ63を密着させながら、電解研磨および遊離砥粒研磨の複合加工実験を実施した。この際、工具側には給電ブラシ65を介して(-)極の電圧印加を行い、シリコンウェハ63側にはやはり同様の給電ブラシ66を介して(+)極の電圧印加を行った。インフィード研削盤の性格上、工具軸およびワーク軸は絶縁治具67を用いて互いに絶縁

を行った。また、ワーク軸には導電性の保持具68を介してシリコンウェハを装著し、工具とシリコンウェハ間には遊離砥粒を含む導電性加工液69を供給しながら加工を行う。本実施例で用いた電解研磨工具の構造を第7図に示す。本工具はその構造上、工具本体を形成する導電性部分71と樹脂などから成る非導電性部分72を有しており、前者は電解研磨効果に寄与し後者は遊離砥粒を用いた研磨効果に寄与する部分である。定圧で本工具とシリコンウェハを密着させると、その加圧力に応じて非導電性部分72が変形し、導電性部分とシリコンウェハ間の距離が適切に設定されるために、有効な研磨効果が期待出来る。もちろん、本工具の導電性部分71が固定砥粒を有する鑄鉄ファイバボンド砥石部であれば、加工初期においては強制切り込みにより非導電性部分72が砥石部より後退し、固定砥粒による鏡面研削(電解ドレッシングのために砥石側を(+)極とする)が実現でき、その後送り方式を定圧制御に変えれば非導電性部分よりも砥石部分が後退し本実施例の

研磨効果を実現できるので、1台の加工機にて本発明の複合加工方法が実施可能である。さて、本実施例においては、基本的な複合研磨効果の確認のためにCW(エッチング処理後のシリコンウェハ)を被加工物として適用した。このCWの初期面粗さは $R_a 0.68 \mu m$, $R_a 0.10 \mu m$ であったが、本加工の実施の結果 $R_a 0.37 \mu m$, $R_a 0.06 \mu m$ という面粗さの向上が確認できた(第8図A(初期面)およびB(電解パフ仕上げ後))。本加工面性状および仕上面粗さパターンの変化から推察すればシリコンウェハのようなかなりの電気的抵抗体であっても、確実に複合研磨の効果が生じていることが分かる。この場合、加工時間10分程度でこれだけの向上が得られていることから、CWを鏡面研削後のウェハに代えて実施すれば相当な能率で鏡面粗さの向上が見込めることが予想される。実際にこの加工を実施したところ、鏡面シリコンウェハを容易に得ることができた。従って、将来的には鑄鉄ファイバボンド砥石の一部に本実施例で用いた非導電性部分を設けた工具(第9図)

の利用により、全く新しい鏡面加工工具を実現できることが確認されたと言える。なお、本工程において補助的に遊離砥粒(平均粒径 $0.6 \mu m$: γ -アルミナ砥粒)を用いたのは、慣用的な電解研磨においては電解の進行に伴って被加工物表面に酸化膜が形成され電解研磨が停止してしまう現象を抑えるためである。よって、導電性加工液に混入すべき遊離砥粒濃度は低くても効果的であると分かっている。これは機械の保守の観点からも有利である。

以上、本発明は、特に鑄鉄ファイバボンド砥石などの導電性砥石を利用した電解インプロセスドレッシング研削法と同砥石をそのまま研磨工具として利用した研磨法との複合加工方法を、同一加工機上で順次実行することによって、従来は実現不可能であった高加工能率で高面精度である鏡面シリコンウェハを容易に実現することができた。

本発明が全面的に実用化されることになれば、本実施例でも確認された通り従来法とはオーダーを異にする加工能率が実現され、製品の生産コス

トダウンならびに高付加価値化、高品質化を容易に実現できることになる。本実施例では、現代電子産業に大きな影響を与えられとされる電子材料：シリコンウェハを取り上げて本発明を実施したわけであるが、導電性を有する被削材であれば本発明が広範に適用可能であることは言うまでもない。今後ますます低コスト化競争が白熱しつつある生産業界の中に、一光を投じる基本技術として本発明の適用が大いに期待できよう。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の複合加工の初期における電解ドレッシングによる砥石の砥粒状態を示す概略説明図、

第2図は、本発明の複合加工の鏡面研削および砥石を工具とした研磨効果の原理を示す概略説明図、

第3図は、銻鉄ファイバボンド砥石と非導電性部分を共有した工具による複合研磨効果を示す概略図、

第4A図は、本発明の実施例において鏡面研削

を行うための装置の構成図、

第4B図は、本発明の実施例において砥石を工具とした複合研磨を行うための装置の構成図、

第5図は、第4A図および第4B図の複合加工装置によって加工を実施した際のシリコンウェハ加工面性状の変化の様子を示すグラフ、

第6図は、本発明の実施例において電解研磨および補助的に遊離砥粒を利用した複合研磨効果を確認するために使用した装置の構成図、

第7図AおよびBは、本発明の実施例において電解複合研磨効果の確認のために使用した工具を示す側面図および平面図、

第8図は、第6図および第7図の装置および工具を用いてCW（シリコンウェハ）の研磨を行った結果確認された仕上げ面性状変化の様子を示すグラフ。

第9図AおよびBは、実用化の可能性が大きい銻鉄ファイバボンド砥石と非導電性部を共有した研磨工具を模式的に示す側面図および平面図。

(符号の説明)

第4図に関するもの

- 4 1 ……精密ロータリー平面研削盤の主要部
- 4 2 ……電解用電源装置（ドレッシング／研磨）
- 4 3 ……シリコンウェハ（被削材）
- 4 4 ……ロータリーテーブル
- 4 5 ……導電性保持具（シリコンウェハ吸着板）
- 4 6 ……加工用クーラント
- 4 7 ……銻鉄ファイバボンド砥石
- 4 8 ……砥石部給電ブラシ
- 4 9 ……電解ドレッシング用電極

第6図に関するもの

- 6 1 ……横型インフィード研削盤主要部
- 6 2 ……電解有電源装置（ドレッシング／研磨）
- 6 3 ……シリコンウェハ（被削材）
- 6 4 ……複合研磨用工具
- 6 5 ……工具部給電ブラシ
- 6 6 ……ワーク部給電ブラシ
- 6 7 ……工具部絶縁板
- 6 8 ……導電性吸着板
- 6 9 ……導電性加工液

第7図に関するもの

- 7 1 ……研磨工具の導電性部分
- 7 2 ……研磨工具の非導電性部分

図 2

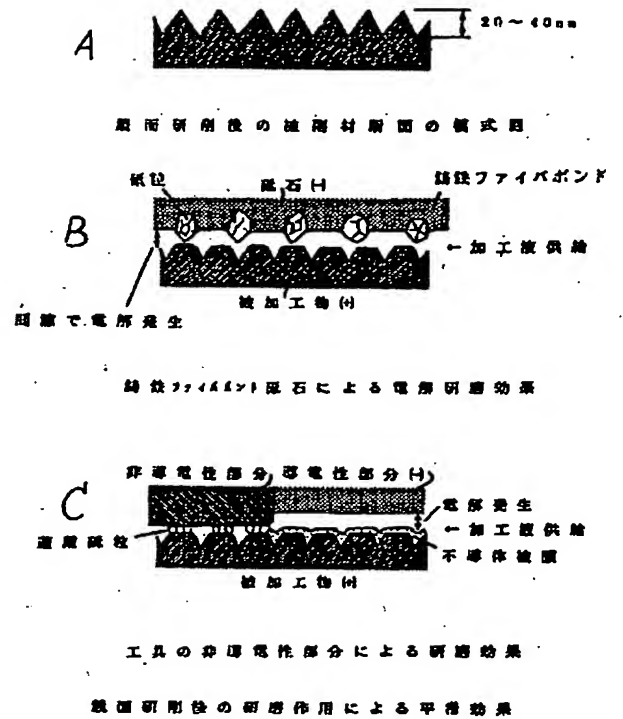
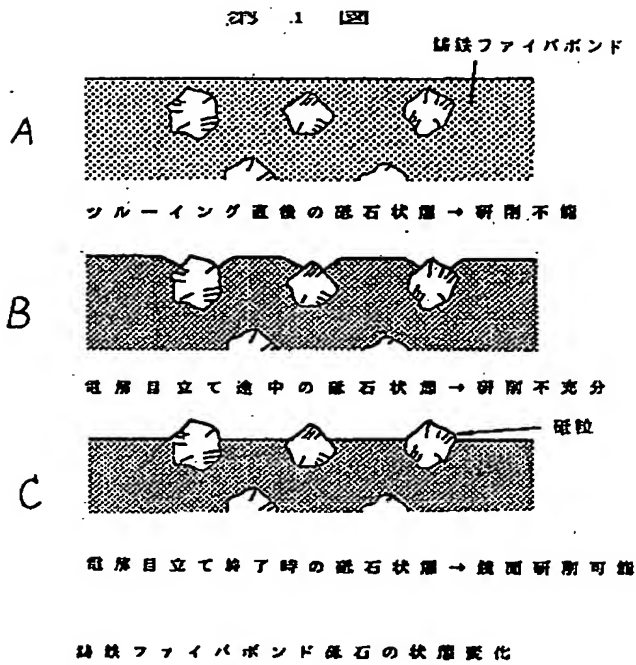


図 3

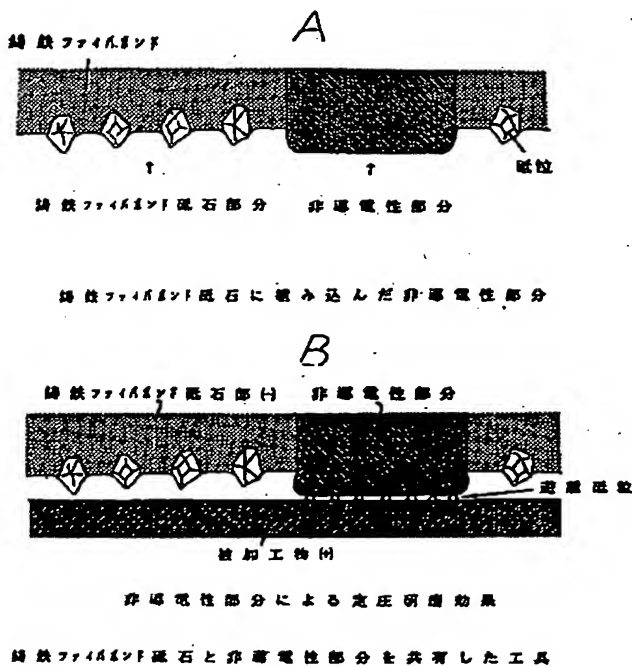
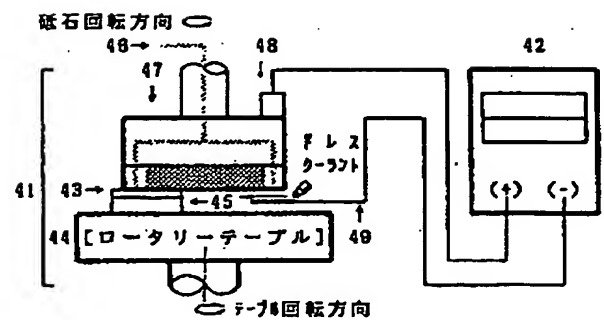
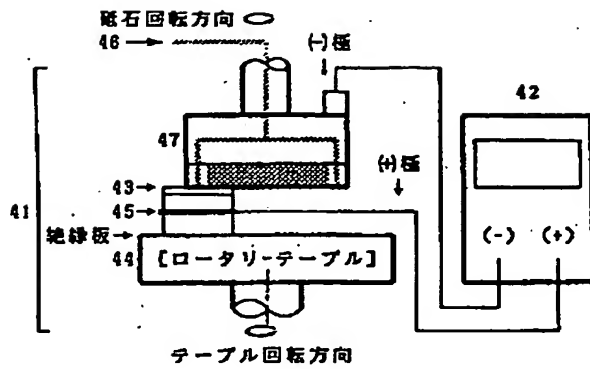


図 4A



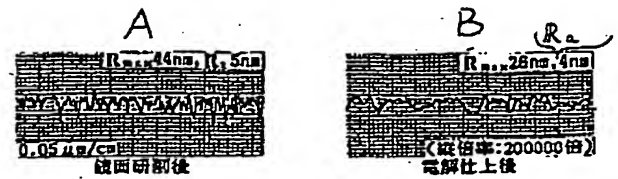
電解インプロセスフレックサによる鏡面研削装置

図 4B



砥石を工具として兼用した研磨装置

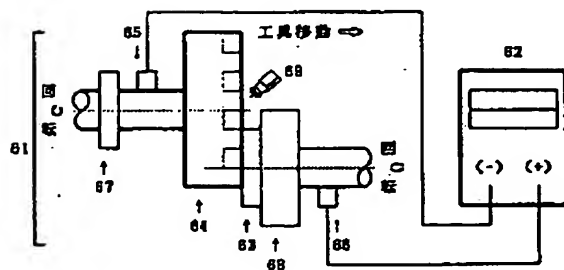
図 5



仕上面粗さパターンの変化

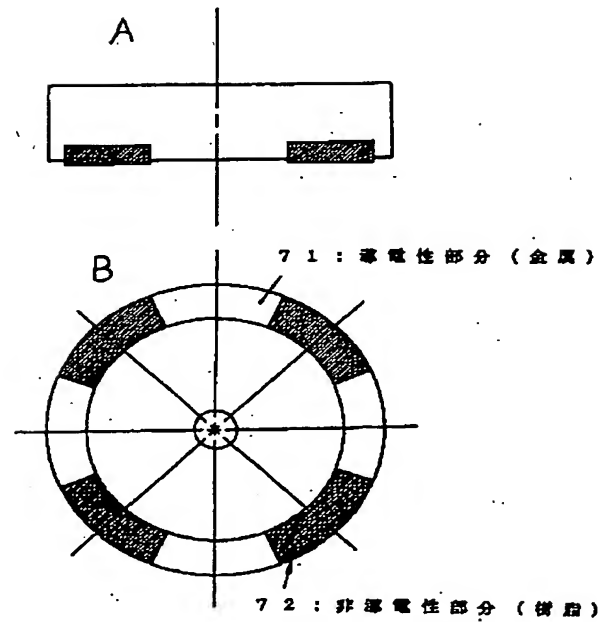
鏡面研削および電解研磨の複合仕上効果

図 6



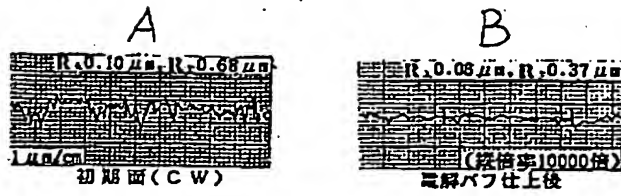
電解および電機砥石複合研磨に使用した実験装置

図 7



本発明の実施例で用いた電解研磨工具

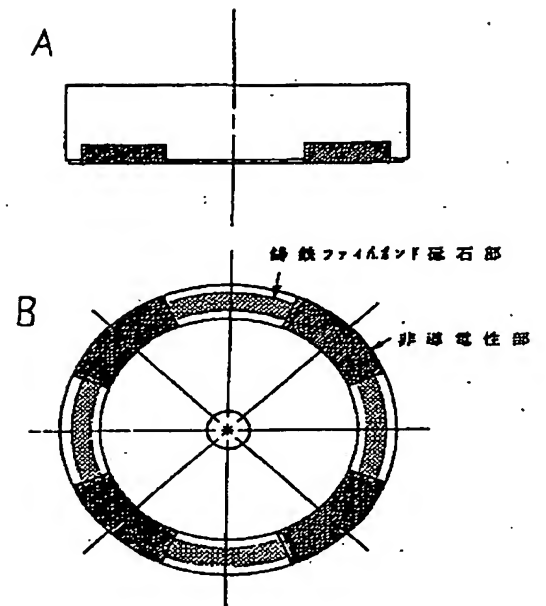
第 8 図



仕上面粗さパターンの変化

電解研磨工具のみで行った仕上効果

第 9 図



錐鉄ファイバインフ砥石と非導電部を共有した研磨工具

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox